

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kolam Retensi

2.1.1 Pengertian Kolam Retensi

Kolam Retensi adalah suatu bak atau kolam yang dapat menampung atau meresapkan air sementara yang terdapat di dalamnya. Kolam retensi dibagi menjadi dua macam tergantung dari bahan pelapis dinding dan dasarkolam, yaitu kolam alami atau kolam buatan.

Kolam alami adalah kolam retensi berbentuk cekungan atau bak resapan yang sudah terbentuk secara alami dan dapat dimanfaatkan baik pada kondisi aslinya atau dilakukan penyesuaian. Kolam buatan atau kolam non alami adalah kolam retensi yang dibuat sengaja didesain dengan bentuk dan kapasitas tertentu pada lokasi yang telah direncanakan sebelumnya dengan lapisan material yang kaku, seperti beton (Sosrodarsono, 1993).

2.1.2 Fungsi Kolam Retensi

Fungsi dari kolam retensi adalah untuk menggantikan peran lahan resapan yang dijadikan lahan tertutup/perumahan/perkantoran maka fungsi resapan dapat digantikan dengan kolam retensi. Fungsi kolam ini adalah menampung air hujan langsung dan aliran dari sistem untuk diresapkan ke dalam tanah. Sehingga kolam retensi ini perlu ditempatkan pada bagian yang terendah dari lahan. Jumlah, volume, luas dan kedalaman kolam ini sangat tergantung dari berapa lahan yang dialihfungsikan menjadi kawasan permukiman.

Fungsi Kolam Retensi Secara Umum :

- a. Mengeringkan bagian wilayah kota dari genangan air sehingga tidak menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan sekitar.
- b. Mengendalikan kelebihan air permukaan yang dapat dimanfaatkan untuk persediaan air dan kehidupan akuatik.
- c. Melindungi prasarana dan sarana perkotaan yang sudah terbangun.

2.1.3 Tipe-tipe Kolam Retensi

A. Kolam retensi tipe di samping badan sungai

Tipe ini memiliki bagian-bagian berupa kolam retensi, pintu inlet, bangunan pelimpah samping, pintu outlet, jalan akses menuju kolam retensi, ambang rendah di depan outlet, saringan sampah dan kolam penangkap sedimen. Kolam retensi jenis ini cocok diterapkan apabila tersedia lahan yang luas untuk kolam retensi sehingga kapasitasnya bisa optimal. Keunggulan dari tipe ini adalah tidak mengganggu sistem aliran yang ada, mudah dalam pelaksanaan dan pemeliharaan.

B. Kolam retensi di dalam badan sungai

Kolam retensi jenis ini memiliki bagian-bagian berupa tanggul keliling pintu outlet, bending, saringan sampah, dan kolam sedimen. Tipe ini diterapkan bila lahan untuk kolam retensi sulit dilakukan, dan kelemahannya adalah kapasitasnya terbatas, harus menunggu aliran air dari hulu, pelaksanaan yang sulit dan pemeliharaannya yang mahal.

C. Kolam retensi tipe storage memanjang

Kelengkapan dari kolam tipe ini adalah saluran yang lebar dan dalam serta cek dam atau bendung setempat. Tipe ini digunakan apabila lahan tidak tersedia sehingga harus mengoptimalkan saluran drainase yang ada. Kelemahannya adalah kapasitasnya yang terbatas, harus menunggu aliran air yang ada dan pelaksanaannya lebih sulit.

2.2 Drainase

2.2.1 Pengertian Drainase

Secara umum drainase didefinisikan sebagai ilmu pengetahuan yang mempelajari usaha untuk mengalirkan air yang berlebihan dalam suatu konteks pemanfaatan tertentu. Sedangkan drainase perkotaan adalah ilmu drainase yang mengkhususkan pengkajian pada kawasan perkotaan yang eratkaitannya dengan kondisi lingkungan fisik dan lingkungan sosial budaya yang ada di kawasan kota tersebut.

Drainase perkotaan merupakan sistem pengeringan dan pengaliran air dari wilayah perkotaan yang meliputi : pemukiman, kawasan industri & perdagangan, sekolah, rumah sakit, lapangan olahraga, lapangan parkir, instalasi militer,

instalasi listrik, bandar udara, pelabuhan laut/sungai serta tempat lainnya yang merupakan bagian dari sarana kota (*Drainase Perkotaan, 2011*).

2.2.2 Jenis-jenis Drainase

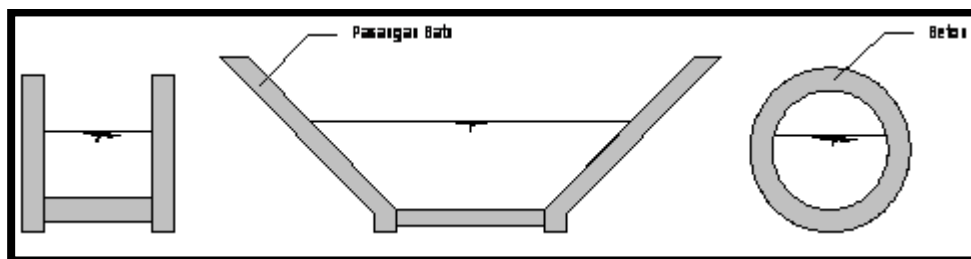
1. Menurut sejarah terbentuknya

a. Drainase Alamiah (*Natural Drainage*)

Drainase yang terbentuk secara alami dan terdapat bangunan-bangunan penunjang seperti bangunan pelimpah, pasangan batu bata/beton, gorong-gorong, dan lain-lain. Saluran ini terbentuk oleh goresan air yang bergerak grafitasi yang lambat laun membentuk jalan air yang permanen seperti sungai.

b. Drainase Buatan (*Artificial Drainage*)

Drainase yang dibuat dengan maksud dan tujuan tertentu sehingga memerlukan bangunan-bangunan khusus seperti selokan, pasangan batu/beton, gorong-gorong, pipa-pipa, dan sebagainya. Selanjutnya dapat dilihat pada gambar 2.1 dibawah ini.



Gambar 2.1 Drainase Buatan

2. Menurut Letak Bangunan

a. Drainase Permukaan Tanah (*Surface Drainage*)

Saluran drainase yang berada diatas permukaan tanah yang berfungsi mengalirkan air limpasan permukaan. Analisa alirannya merupakan analisa *open channel flow*.

b. Drainase Bawah Permukaan Tanah (*Subsurface drainage*)

Saluran drainase yang bertujuan mengalirkan air limpasan permukaan melalui media dibawah permukaan tanah (pipa-pipa), dikarenakan alasan-alasan tertentu. Alasan itu antara lain : tuntutan artistic, tuntutan fungsi permukaan tanah

yang tidak membolehkan adanya saluran di permukaan tanah seperti lapangan sepakbola, lapangan terbang, taman, dan lain-lain.

3. Menurut Fungsinya

a. *Single Purpose*

Yaitu saluran yang berfungsi mengalirkan suatu jenis air buangan, misalnya air hujan saja atau air buangan lain seperti limbah domestik air atau limbah industri, dan lain-lain.

b. *Multi Purpose*

Yaitu saluran yang berfungsi mengalirkan beberapa jenis air bak secara bercampur maupun bergantian.

4. Menurut Konstruksi

a. Saluran Terbuka

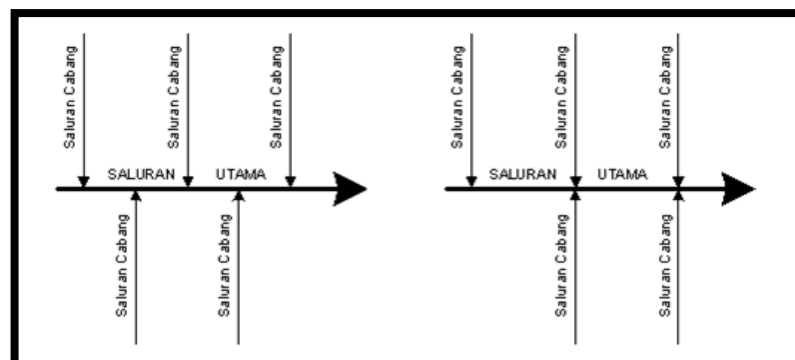
Yaitu saluran yang lebih cocok untuk drainase air hujan yang terletak di daerah yang mempunyai luasan yang cukup, ataupun untuk drainase air non-hujan yang tidak membahayakan kesehatan/mengganggu lingkungan.

b. Saluran Tertutup

Yaitu saluran yang pada umumnya sering dipakai untuk aliran air kotor (air yang mengganggu kesehatan/lingkungan) atau untuk yang terletak di tengah kota (Hasmar, 2011).

2.2.3 Pola Jaringan Drainase

a. Siku

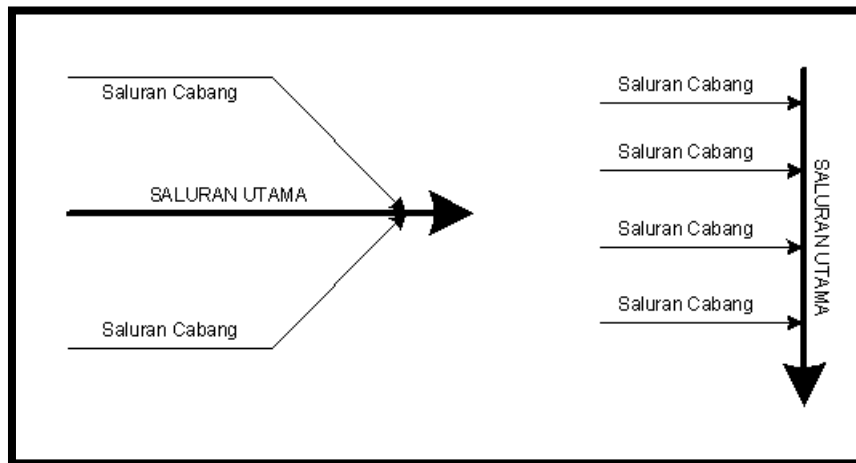


Gambar 2.2 Jaringan Drainase Pola Siku

Jaringan drainase pola siku ini dibuat pada daerah yang mempunyai topografi sedikit lebih tinggi daripada sungai. Pada gambar 2.2 sungai sebagai saluran pembuang akhir berada di tengah kota. Selanjutnya dapat dilihat pada gambar 2.2

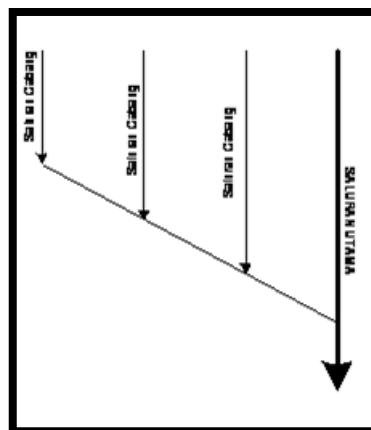
b. Paralel

Saluran utama terletak sejajar dengan saluran cabang. Dengan saluran cabang (sekunder) yang cukup banyak dan pendek-pendek, apabila terjadi perkembangan kota, saluran-saluran akan dapat menyesuaikan diri. Selanjutnya dapat dilihat pada gambar 2.3 di bawah ini.



Gambar 2.3 Jaringan Drainase Pola Paralel

c. Grid Iron

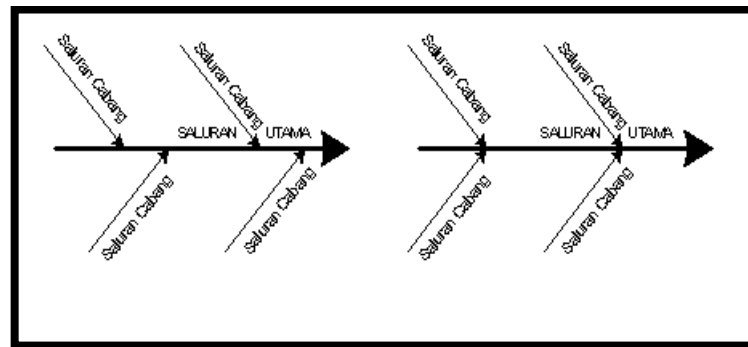


Gambar 2.4 Jaringan Drainase Pola Grid Iron

Jaringan drainase *Grid Iron* dibuat untuk daerah dimana sungai terletak di pinggir kota, sehingga saluran-saluran cabang dikumpulkan pada saluran pengumpul. Selanjutnya dapat dilihat pada Gambar 2.4.

d. Alamiah

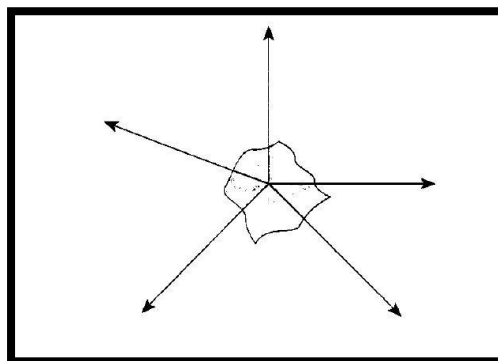
Jaringan drainase pola alamiah ini sama seperti siku, hanya saja beban sungai pada pola alamiah lebih besar. Selanjutnya dapat dilihat pada Gambar 2.5 di bawah ini.



Gambar 2.5 Pola Alamiah

e. Radial

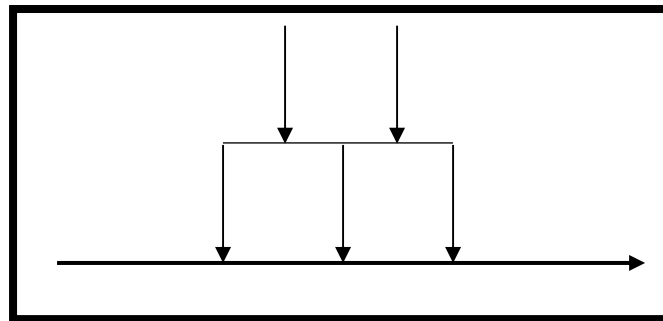
Jaringan drainase pola radial ini berada di daerah berbukit, sehingga pola saluran memencar ke segala arah. Selanjutnya dapat dilihat pada Gambar 2.6 di bawah ini.



Gambar 2.6 Pola Radial

f. Jaring-jaring

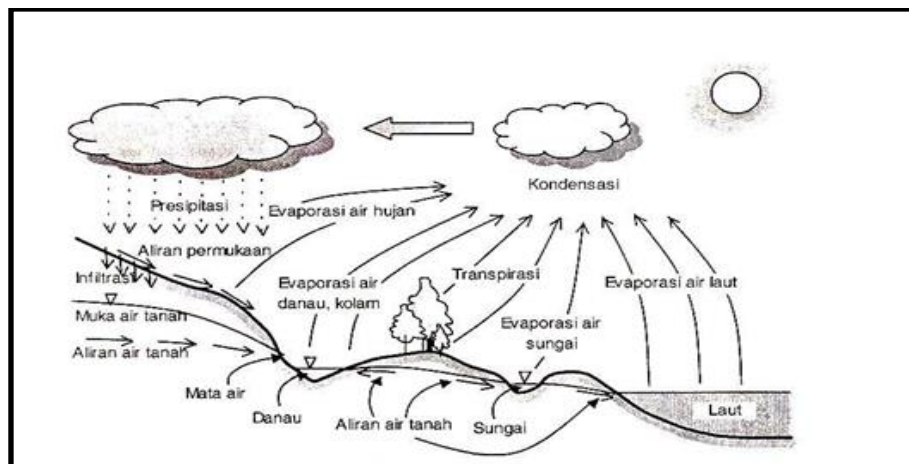
Jaringan drainase pola jaring-jaring ini mempunyai saluran-saluran pembuang yang mengikuti arah jalan raya, dan cocok untuk daerah dengan topografi datar. Selanjutnya dapat dilihat pada Gambar 2.7 di bawah ini.



Gambar 2.7 Pola Jaring-jaring

2.3 Siklus Hidrologi

Siklus hidrologi adalah proses yang diawali oleh evaporasi/penguapan kemudian terjadinya kondensasi dari awan hasil evaporasi. Awan terus terproses, sehingga terjadi salju dan atau hujan yang jatuh ke permukaan tanah. Pada muka tanah air hujan ada yang mengalir di permukaan tanah, sebagai air *run off* dan sebagai infiltrasi/meresap ke dalam lapisan tanah. Besarnya *run off* dan infiltrasi tergantung pada parameter atau jenis tanah dengan pengujian tanah di laboratorium. Selanjutnya dapat di lihat pada Gambar 2.8 di bawah ini.



Gambar 2.8 Siklus Hidrologi

Air *run off* mengalir di permukaan muka tanah kemudian ke permukaan air di laut, danau, sungai. Air infiltrasi meresap kedalam lapisan tanah, akan menambah tinggi muka air tanah didalam lapisan tanah, kemudian juga merembes di dalam tanah ke arah muka air terendah, akhirnya juga kemungkinan sampai di laut, danau, sungai. Kemudian terjadi lagi proses penguapan (*Hasmar, 2011*).

2.4 Analisis Hidrologi

Analisa Hidrologi Dengan mengetahui tabel curah hujan di lokasi proyek atau di daerah sekitarnya, maka kita dapat menggunakannya untuk kepentingan pekerjaan perencanaan teknis.

Data-data curah hujan yang diperoleh pada suatu lokasi proyek kadang kala tidak lengkap, berasal lebih dari satu stasiun pengamat hujan dan bahkan tidak ada sama sekali. Untuk itu perlu dilakukan analisis agar data yang digunakan mewakili karakteristik daerah proyek yang bersangkutan.

1. Memperkirakan Data

Curah Hujan yang Hilang Cara yang biasa digunakan disajikan dalam uraian berikut ini, yaitu cara rata-rata aljabar, rasio normal dan kebalikan kuadrat jarak. Uraian cara tersebut adalah sebagai berikut:

a. Rata-rata Aljabar

Cara rata-rata aljabar maksudnya adalah memperkirakan data curah hujan yang tidak lengkap dengan menghitung rata-rata curah hujan dari stasiun-stasiun yang terdekat dengan stasiun yang ditinjau pada waktu yang sama. Misalkan A, B, C dan D adalah stasiun pengamat hujan, apabila pada stasiun D ada data hujan yang tidak lengkap maka data hilang tersebut dapat diperkirakan dengan rumus:

$$H_D = 1/3 (H_A + H_B + H_C) \dots\dots\dots(2.1)$$

dimana :

H_A, H_B, H_C = data hujan teramati pada masing-masing stasiun (A, B, C)

H_D = data hujan yang diperkirakan pada stasiun D.

Cara tersebut berlaku, apabila perbedaan antara data hujan pada stasiun terdekat untuk jangka waktu tahunan rata-rata < 10 %.

b. Perbandingan (Ratio) Normal

Bila ternyata perbedaan data hujan untuk jangka waktu tahunan rata-rata antara stasiun hujan yang terdekat >10 %, maka cara rasio normal lebih dianjurkan.

Rumus yang dipergunakan adalah sebagai berikut:

$$HD = \frac{1}{3} \left(\frac{ND}{NA} HA + \frac{ND}{NB} HB + \frac{ND}{NC} HC \right) \dots\dots\dots (2.2)$$

dimana :

NA, NB, NC = hujan tahunan rata-rata pada masing-masing stasiun A, B dan C

ND = hujan tahunan rata-rata pada stasiun D.

HA, HB, HC = hujan pada masing-masing stasiun A, B dan C.

HD = data hujan yang diperkirakan pada stasiun D.

Perhitungan-perhitungan ini akan lebih mendekati kenyataan jika dipergunakan pada daerah pegunungan.

c. Kebalikan Kuadrat Jarak

Metode ini digunakan oleh ‘US National Weather Service’ untuk peramalan debit sungai. Dengan memperkirakan hujan pada suatu stasiun sebagai rata-rata berbobot dari empat stasiun yang terdekat di mana masing-masing terdapat dalam kuadran yang dibatasi oleh garis utara-selatan dan timur-barat melalui stasiun yang bersangkutan.

Rumus yang dipergunakan adalah:

$$H_x = \frac{\frac{1}{R_I^2} H_I + \frac{1}{R_{II}^2} H_{II} + \frac{1}{R_{III}^2} H_{III} + \frac{1}{R_{IV}^2} H_{IV}}{\frac{1}{R_I^2} + \frac{1}{R_{II}^2} + \frac{1}{R_{III}^2} + \frac{1}{R_{IV}^2}} \dots\dots\dots (2.3)$$

dimana :

HI, HII, HIII, HIV = hujan pada masing-masing stasiun pada kuadran I, II, III dan IV

RI, RII, RIII, RIV = jarak masing-masing stasiun terhadap stasiun yang ditinjau

Hx = hujan yang diperkirakan pada sistem yang ditinjau

2.5 Analisis Frekuensi

Analisa distribusi frekuensi ini dimaksudkan untuk mendapatkan besaran curah hujan rancangan yang ditetapkan berdasarkan patokan perancangan tertentu. Curah hujan rancangan adalah hujan terbesar tahunan dengan peluang tertentu

yang mungkin terjadi di suatu daerah atau hujan dengan suatu kemungkinan periode ulang tertentu.

Ada beberapa metode untuk menghitung besarnya curah hujan rancangan. Dalam studi ini analisa curah hujan rancangan akan dilakukan dengan menggunakan metode-metode :

1. Normal,
2. Log Normal
3. Log Pearson Type III.
4. Gumbel

2.5.1 Analisa Distribusi Frekuensi Metode Normal

Persamaan yang digunakan dapat ditulis sebagai berikut :

$$X_t = \bar{X} + z S_x \quad \dots\dots\dots(2.4)$$

dimana :

X_t = Curah Hujan Rencana

\bar{X} = Curah Hujan Maksimum Rata rata

Z = Faktor Frekuensi

$$S_x = \text{Standar Deviasi} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum (X_i - \bar{X})^2} \dots\dots\dots(2.5)$$

2.5.2 Analisa Distribusi Log Normal

Distribusi log normal merupakan hasil transformasi dari distribusi normal, yaitu dengan mengubah nilai variat X menjadi nilai logaritmik X . Persamaan yang digunakan dapat ditulis sebagai berikut :

$$X_t = \bar{X} + K_t \cdot S_x \quad \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana :

X_t = Besarnya curah hujan yang mungkin terjadi pada periode ulang T tahun

\bar{X} = Curah hujan rata rata

K_t = Standar variabel untuk periode ulang tahun

S_x = Standar deviasi

2.5.3 Analisa Distribusi Frekuensi Metode Gumbel

Persamaan metode Gumbel adalah sebagai berikut :

$$X_T = X + K \cdot S_d \quad \dots\dots\dots(2.7)$$

Dimana :

X_T = Variate yang diekstrapolasikan yaitu besarnya curah hujan rancangan untuk periode ulang tertentu.

\bar{x} = Harga rerata curah hujan

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \dots\dots\dots (2.8)$$

Sd = Standar Deviasi

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \dots\dots\dots (2.9)$$

\bar{x} = Nilai rata-rata

X_i = Nilai variate ke i

N = Jumlah data

K = Faktor frekuensi yang merupakan fungsi dari periode ulang (return period) dan tipe distribusi frekuensi.

Untuk menghitung faktor frekuensi E.J. Gumbell Type I digunakan rumus :

$$K = \frac{Y_T - y_n}{S_n} \dots\dots\dots (2.10)$$

Dimana :

Y_T = Reduced variate sebagai fungsi periode ulang T =

$$- \ln \left[- \ln \left(\frac{T-1}{T} \right) \right] \dots\dots\dots (2.11)$$

y_n = Reduced mean sebagai fungsi dari banyaknya data n

S_n = Reduced standar deviasi sebagai fungsi dari banyaknya data n

Dengan mensubstitusikan ketiga persamaan diatas diperoleh :

$$X_T = X + \frac{Sx}{Sn} \cdot (Y_T - Y_n) \dots\dots\dots (2.12)$$

Jika :

$$\frac{1}{a} = \frac{Sx}{Sn}$$

$$b = X - \frac{Sx}{Sn} \cdot Y_n \dots\dots\dots (2.13)$$

Persamaan diatas menjadi :

$$X_T = b + \frac{1}{a} \cdot Y_T \dots\dots\dots (2.14)$$

Tabel 2.1 Reduced Mean, Yn

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,4952	0,4996	0,5035	0,5070	0,5100	0,5128	0,5157	0,5181	0,5202	0,5220
20	0,5236	0,5252	0,5268	0,5283	0,5296	0,5309	0,5320	0,5332	0,5343	0,5353
30	0,5362	0,5371	0,5380	0,5388	0,5396	0,5403	0,5410	0,5418	0,5424	0,5436
40	0,5436	0,5442	0,5448	0,5453	0,5458	0,5463	0,5468	0,5473	0,5477	0,5481
50	0,5485	0,5489	0,5493	0,5497	0,5501	0,5504	0,5508	0,5511	0,5515	0,5518
60	0,5521	0,5524	0,5527	0,5530	0,5533	0,5535	0,5538	0,5540	0,5543	0,5545
70	0,5548	0,5550	0,5552	0,5555	0,5557	0,5559	0,5561	0,5563	0,5565	0,5567
80	0,5569	0,5570	0,5572	0,5574	0,5576	0,5578	0,5580	0,5581	0,5583	0,5585
90	0,5586	0,5587	0,5589	0,5591	0,5592	0,4493	0,5595	0,5596	0,5598	0,5599
100	0,5600	0,5602	0,5603	0,5604	0,5606	0,5607	0,5608	0,5609	0,5610	0,5611

(Suripin, 2004)

Tabel 2.2 Redused Standar Deviasi, Sn

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,9496	0,9676	0,9833	0,9971	1,0095	1,0206	1,0316	1,0411	1,0493	1,0565
20	1,0628	1,0696	1,0754	1,0811	1,0864	1,0915	1,0961	1,1004	1,1047	1,1080
30	1,1124	1,1159	1,1193	1,1226	1,1255	1,1285	1,1313	1,1339	1,1363	1,1388
40	1,1413	1,1436	1,1458	1,1480	1,1499	1,1519	1,1538	1,1557	1,1574	1,1590
50	1,1607	1,1623	1,1638	1,1658	1,1667	1,1681	1,1696	1,1708	1,1721	1,1734
60	1,1747	1,1759	1,1770	1,1782	1,1793	1,1803	1,1814	1,1824	1,1834	1,1844

Lanjutan Tabel 2.2

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
70	1,1854	1,1863	1,1873	1,1881	1,1890	1,1898	1,1906	1,1915	1,1923	1,1930
80	1,1938	1,1945	1,1953	1,1959	1,1967	1,1973	1,1980	1,1987	1,1994	1,2001
90	1,2007	1,2013	1,2020	1,2026	1,2032	1,2038	1,2044	1,2049	1,2055	1,2060
100	1,2065	1,2069	1,2073	1,2077	1,2081	1,2084	1,2087	1,2090	1,2093	1,2096

(Suripin, 2004)

Tabel 2.3 Reduced variate, Ytr sebagai fungsi periode ulang

Periode Ulang Tr (tahun)	Reduced variate, Ytr	Periode Ulang, Tr (tahun)	Reduced variate, Ytr
2	0,3668	100	4,6012
5	1,5004	200	5,2969
10	2,2510	250	2,5206
20	2,9709	500	6,2149
25	3,1993	1000	6,9087
50	3,9028	5000	8,5188
75	4,3117	10000	9,2121

(Suripin, 2004)

Koefisien Skewness :

$$C_s = \frac{\frac{n}{(n-1)(n-2)} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3}{S_d^3} \dots\dots\dots (2.15)$$

Dimana : C_s = koefisien skewness \bar{X} = nilai rata-rata X_i = nilai varian ke i N = jumlah data

Koefisien Kurtosis :

$$C_k = \frac{n^2 \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4}{(n-1)(n-2)(n-3) S_d^4} \dots\dots\dots (2.16)$$

Dimana :

Ck = koefisien kurtosis

\bar{X} = nilai rata-rata

X_i = nilai variate ke i

N = jumlah data

2.5.4 Analisa Distribusi Frekuensi Metode Log Pearson Type III

Metode yang dianjurkan dalam pemakaian distribusi Log - Pearson Type III adalah dengan mengkonservasikan rangkaian datanya menjadi bentuk logaritmis.

Nilai rerata :

$$\overline{\text{Log} X} = \frac{\sum \text{Log} x}{n} \dots\dots\dots (2.17)$$

Standar Deviasi

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\text{Log} X_i - \overline{\text{Log} X})^2}{n - 1}} \dots\dots\dots (2.18)$$

dimana :

X = curah hujan (mm)

$\overline{\text{Log} X}$ = rerata Log X

K = faktor frekuensi

Tabel 2.4 Nilai K untuk distribusi Log-Pearson III

Interval Kejadian (Recurrence interval), tahun (periode ulang)								
	1,0101	1,2500	2	5	10	25	50	100
Koef. G	Persentase peluang terlampaui (Percent chance of being exceeded)							
	99	80	50	20	10	4	2	1
3,0	-0,667	-0,636	-0,396	0,42	1,18	2,278	3,152	4,051
2,8	-0,714	-0,666	-0,384	460	1,210	2,275	3,114	3,973
2,6	-0,769	-0,696	-0,368	0,499	1,238	2,267	3,071	2,889
2,4	-0,832	-0,725	-0,351	0,537	1,262	2,254	3,023	3,800
2,2	-0,905	-0,752	-0,330	0,574	1,284	2,240	2,97	3,705
2,0	-0,990	-0,777	-0,307	0,609	1,302	2,219	2,912	3,605
1,8	-1,087	-0,799	-0,282	0,643	1,318	2,193	2,848	3,499
1,6	-1,197	-0,817	-0,254	0,675	1,329	2,163	2,78	3,388

Lanjutan Tabel 2.4

Interval Kejadian (Recurrence interval), tahun (periode ulang)								
	1,0101	1,2500	2	5	10	25	50	100
Koef. G	Persentase peluang terlampaui (Percent chance of being exceeded)							
	99	80	50	20	10	4	2	1
1,4	-1,318	-0,832	-0,225	0,705	1,337	2,128	2,706	3,271
1,2	-1,449	-0,844	-0,195	0,732	1,34	2,087	2,626	3,149
1,0	-1,588	-0,852	-0,164	0,758	1,34	2,043	2,542	3,022
0,8	-1,733	-0,856	-0,132	0,78	1,336	2,998	2,453	2,891
0,6	-1,880	-0,857	-0,099	0,8	1,328	1,939	2,359	2,755
0,4	-2,029	-0,855	-0,066	0,816	1,317	2,880	2,261	2,615
0,2	-2,178	-0,850	-0,033	0,83	1,301	2,818	2,159	2,472
0,0	-2,326	-0,842	0,000	0,842	1,282	2,751	2,054	2,326
-0,2	-2,472	-0,830	0,033	0,85	1,285	1,680	1,945	2,178
-0,4	-2,615	-0,816	0,066	0,885	1,231	1,606	1,834	2,029
-0,6	-2,755	-0,800	0,099	0,857	1,200	1,528	1,72	1,88
-0,8	-2,891	-0,780	0,132	0,856	1,166	1,488	1,606	1,733
-1,0	-3,022	-0,758	0,164	0,852	1,128	1,366	1,492	1,588
-1,2	-2,149	-0,732	0,195	0,844	1,086	1,282	1,379	1,449
-1,4	-2,271	-0,705	0,225	0,832	1,041	1,198	1,27	1,318
-1,6	-2,388	-0,675	0,254	0,817	0,994	1,116	1,166	1,200
-1,8	-3,499	-0,643	0,282	0,799	0,945	0,035	1,069	1,089
-2,0	-3,605	-0,609	0,307	0,777	0,895	0,959	0,98	0,99
-2,2	-3,705	-0,574	0,33	0,752	0,844	0,888	0,900	0,905
-2,4	-3,800	-0,537	0,351	0,725	0,795	0,823	0,830	0,832
-2,6	-3,889	-0,490	0,368	0,696	0,747	0,764	0,768	0,769
-2,8	-3,973	0,469	0,384	0,666	0,702	0,712	0,714	0,714
-3,0	-7,051	-0,420	0,396	0,636	0,660	0,666	0,666	0,667

(Suripin, 2004)

2.6 Perhitungan Intensitas Hujan dengan Metode Mononobe

$$I_T = \frac{R_T}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{2/3} \text{ (mm / jam)} \quad \dots\dots\dots (2.19)$$

$$t = \frac{L}{v} \text{ (jam)} \quad \dots\dots\dots (2.20)$$

$$t = 72 \left(\frac{\Delta H}{L} \right)^{0,6} \text{ (km / jam)} \quad \dots\dots\dots (2.21)$$

Dimana:

IT = intensitas hujan (mm/jam)

RT = hujan harian dengan PUH (tahun) dalam (mm)

T = waktu tempuh aliran di saluran dalam (jam)

V = kecepatan aliran

ΔH = beda tingi hulu-hilir (km)

(Hasmar, 2011)

2.7 Debit

2.7.1 Debit Limpasan

Limpasan permukaan (*surface runoff*) yang merupakan air hujan yang mengalir dalam bentuk lapisan tipis di atas permukaan lahan akan masuk ke parit-parit yang kemudian bergabung menjadi anak sungai dan akhirnya menjadi aliran sungai. Pada Tabel 2.5 dapat dilihat nilai koefisien pengaliran (C) dan nilai faktor limpasan (fk) sesuai dengan kondisi permukaan tanah yang berbeda-beda. Selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 2.5 berikut ini.

Tabel 2.5 Harga koefisien pengaliran (C) dan harga faktor limpasan (fk)

No	Kondisi Permukaan Tanah	C	Faktor limpasan (fk)
1	Jalan beton dan jalan aspal	0,70-0,95	-
2	Jalan kerikil dan jalan tanah	0,40-0,70	-
3	Bahu jalan :		-
	d. Tanah berbutir halus	0,40-0,55	-
	e. Tanah berbutir kasar	0,10-0,20	-
	f. Batuan masih keras	0,70-0,85	-
	g. Batuan masih lunak	0,60-0,75	-
No	Kondisi Permukaan Tanah	C	Faktor limpasan (fk)
	TATA GUNA LAHAN		
1	Daerah perkotaan	0,70-0,95	2,0
2	Daerah pinggiran kota	0,60-0,70	1,5
3	Daerah industri	0,60-0,90	1,2
4	Pemukiman padat	0,40-0,60	2,0
5	Pemukiman tidak padat	0,40-0,60	1,5

Lanjutan Tabel 2.5

No	Kondisi Permukaan Tanah	C	Faktor limpasan (fk)
6	Taman dan kebun	0,20-0,40	0,2
7	Persawahan	0,45-0,60	0,5
8	Perbukitan	0,70-0,80	0,4
9	Pegunungan	0,75-0,90	0,3

(sumber : Pedoman Bangunan dan konstruksi, Dinas PU, 9)

Keterangan :

- Harga koefisien pengaliran (C) untuk daerah datar diambil nilai C yang terkecil dan untuk daerah lereng diambil nilai C yang besar.
- Harga faktor limpasan (fk) hanya digunakan untuk guna lahan sekitar saluran selain bagian jalan.
- Bila daerah pengaliran atau daerah layanan terdiri dari beberapa tipe kondisi permukaan yang mempunyai nilai C yang berbeda. Harga C rata-rata ditentukan dengan persamaan berikut :

$$C = \frac{C_1A_1 + C_2A_2 + C_3A_3fk_3}{A_1 + A_2 + A_3} \dots\dots\dots (2.22)$$

Dengan pengertian :

C_1, C_2, C_3 = Koefisien pengaliran yang sesuai dengan tipe kondisi permukaan

A_1, A_2, A_3 = Luasan daerah pengaliran yang diperhitungkan sesuai dengan kondisi permukaan

Fk = Faktor limpasan sesuai guna lahan

(sumber : Pedoman Bangunan dan konstruksi, Dinas PU, 8)

2.7.2 Debit Air Kotor (Limbah)

Aliran air akan menangkap/mengikat oksigen dari udara yang akan bermanfaat dalam penguraian zat-zat organik dalam proses oksidasi (proses aerobik). Tetapi kemampuan ini sangat terbatas, sehingga tidak dibenarkan membuang limbah khususnya yang bersifat B3 (bahan beracun dan berbahaya)

dan atau limbah padat/sampah yang sukar terurai dan mengganggu kelancaran aliran.

Ada dua jenis limbah yang memasuki/terbawa aliran yaitu :

1. Limbah padat yang terdiri dari limbah organik yang akan dapat mengalami dekomposisi/penguraian seperti daun, bangkai binatang.
2. Limbah padat anorganik yang sukar/tidak dapat terurai seperti logam, kaca hasil industri seperti plastik.

Limbah ini dapat berasal dari :

- a. Limbah proses industri yang sangat menimbulkan gangguan terhadap kesehatan masyarakat. berupa debu dari asap cerobong pabrik dari pembakaran bahan bakar fosil dan limbah cair dari hasil produksi hasil pencucian bahan dan lain lain
- b. Limbah rumah tangga serta yang dihasilkan oleh aktivitas kehidupan lainnya seperti limbah pasar, restoran, usaha cuci mobil dan bengkel, usaha pencucian pakaian, limbah padatan asap mesin-mesin kendaraan dan lain-lain
- c. Limbah padat berupa sampah-sampah rumah tangga, pasar, guguran daun pohon-pohon perindang kota sisa bahan baku dan kemasan industri.

Kalau jenis-jenis limbah di atas masuk ke dalam sistem drainase secara berlebihan proses aerobik akan tidak dapat berjalan dengan baik karena oksigen yang terikat oleh air tidak akan mencukupi bahkan pengikatan oksigen akan sangat terhambat. Banyaknya limbah yang masuk ke dalam saluran-saluran drainase disebabkan oleh perlakuan masyarakat yang menganggap sistem drainase dan sungai-sungai sebagai tempat pembuangan sampah.

Limbah terutama limbah padat akan sangat mengganggu kecepatan aliran bahkan menyumbat alur-alur dan menghambat penyerapan oksigen dan menghambat proses aerobik. Terjadi dekomposisi oleh bakteri-bakteri anaerobik tanpa bantuan oksigen. Proses anaerobik ini akan menimbulkan pencemaran lain yaitu dihasilkannya zat yang beracun bagi kehidupan akuatik dan manusia seperti nitrit, sulfat serta gas-gas berbau busuk yang sangat mengganggu seperti sulfur dioksida, amoniak.

Kehidupan akuatik di dalam air akan terhambat dan bahkan musnah, sumur-sumur tercemar oleh rembesan air kotor tersebut, serta meningkatnya penyebaran

penyakit yang terbawa air (water borne disease seperti kolera, disentri, muntaber, gatal serta malaria dan demam dengue)..

Karenanya fungsi kedua (2) mengangkut limbah harus disikapi dengan bijaksana bahwa sistem drainase sesungguhnya bukan tempat pembuangan sampah. Limbah cair yang terpaksa dialirkan ke dalam sistem drainase harus terlebih dulu dilewatkan melalui suatu instalasi pengolah air limbah (IPAL) untuk menurunkan kandungan zat-zat pencemar agar dapat mencapai kadar di bawah ambang batas maksimum sebelum dialirkan/dibuang ke dalam perairan bebas (Mulyanto, 2013).

2.7.3 Debit Kumulatif

Debit kumulatif adalah debit total yang didapat dari penjumlahan debit limpasan dan debit air kotor

$$\text{Debit kumulatif} = \text{Debit Limpasan} + \text{Debit Air kotor} \dots\dots\dots (2.23)$$

2.8 Waktu Konsentrasi

Waktu Konsentrasi adalah waktu yang diperlukan untuk Bergeraknya air dari titik aliran terjauh dari suatu DAS sampai dengan titik pelepasan. Waktu konsentrasi dapat dihitung dengan menggunakan beberapa rumus seperti rumus Kirpich dan rumus Hathway.

$$T_c = t_0 + t_d \dots\dots\dots (2.24)$$

Dimana :

t_c = Waktu Konsentrasi

t_0 = *In let time*

t_1 = *Conduit time*

L = Panjang Saluran

V = Kec. Rata-rata Saluran

Untuk t_0 dan t_d dapat dicari dengan rumus :

$$t_0 \text{ atau } t_1 = \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times L \times \frac{n}{\sqrt{s}} \right)^{0,167} \dots\dots\dots (2.25)$$

$$t_2 \text{ atau } t_d = L / 60V \dots\dots\dots (2.26)$$

L_0 = Jarak dari titik terjauh ke fasilitas drainase (meter)

L = Panjang Saluran (meter)

- nd = Koefisien hambatan
 S = Kemiringan daerah pengaliran/kemiringan tanah
 V = Kecepatan rata rata aliran dalam saluran(m/dt)

Tabel 2.6 koefisien hambatan (nd) berdasarkan kondisi permukaan

No.	Kondisi lapis permukaan	Nd
1	Lapisan semen dan aspal beton	0,013
2	Permukaan licin dan kedap air	0,020
3	Permukaan licin dan kokoh	0,100
4	Tanah dengan rumput tipis dan gundul dengan permukaan sedikit kasar	0,200
5	Padang rumput dan rerumputan	0,400
6	Hutan gundul	0,600
7	Hutan rimbum dan hutan gundul rapat dengan hampan rumput jarang sampai rapat	0,800

(sumber : *Pedoman Konstruksi dan Bangunan, Dinas PU,10*)

2.9 Analisis Hidrolika

Banyaknya debit air hujan dan air kotor yang ada dalam suatu kawasan harus segera dialirkan agar tidak menimbulkan genangan air. Untuk dapat mengalirkan air diperlukan saluran yang mampu menampung air tersebut ke tempat penampungan. Kapasitas saluran sangatlah tergantung dari bentuk, kemiringan dan kekasaran saluran. Sehingga kapasitas penampung harus berdasarkan besaran debit air hujan dan debit buangan. Untuk menghitung saluran digunakan persamaan manning.

$$Q = V.A \dots\dots\dots(2.27)$$

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot I^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots(2.28)$$

Dimana :

- n = Koefisien kekasaran saluran
 R = Jari-jari hidrolik
 I = Kemiringan hidrolis
 Q = Debit air (m^3/det)
 V = Kecepatan rata-rata aliran (m/det)
 A = Penampang basah saluran berdasarkan debit saluran
 A = b x h(2.29)

$$P = b + 2h \dots \dots \dots (2.30)$$

Dimana :

A = Luas penampang basah saluran

P = Keliling basah saluran

B = Lebar saluran

H = Tinggi air dalam saluran

W = Tinggi jagaan

2.9.1 Dimensi Kolam Retensi

Kolam retensi yaitu kolam penampungan sementara air hujan dan limbah rumah tangga sebelum dialirkan ke saluran pembuang atau ke sungai. Dimensi kolam retensi dapat dihitung berdasarkan debit saluran utama yang dihitung sebelumnya.

$$\text{Volume kolam} = Q_{\text{Total}} (\text{m}^3/\text{det}) \times T_f (\text{detik})$$

$$\text{Volume kolam} = P \times L \times T \dots \dots \dots (2.31)$$

$$Q_{\text{Total}} (\text{m}^3/\text{det}) \times t_f (\text{det}) = P \times L \times T$$

$$T = \frac{Q_{\text{total}} (\text{m}^3/\text{det}) \times t_f (\text{det})}{P \times L} \dots \dots \dots (2.32)$$

Dimana :

T_f = Luas penampang basah saluran

T = Tinggi kolam retensi

Q_{total} = Total debit air

2.9.2 Bentuk-bentuk Saluran

Bentuk-bentuk saluran untuk drainase tidak terlampau jauh berbeda dengan saluran air irigasi pada umumnya. Dalam perencanaan dimensi saluran harus diusahakan dapat memperoleh dimensi tumpang yang ekonomis. Dimensi saluran yang terlalu besar berarti tidak ekonomis, sebaliknya dimensi saluran yang terlalu kecil, tingkat kerugian akan besar.

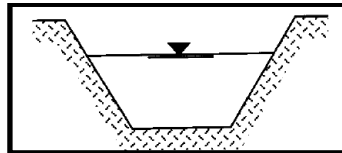
Bentuk saluran drainase terdiri dari :

1. Bentuk trapesium
2. Bentuk empat persegi panjang
3. Bentuk lingkaran, parabol, dan bulat telur

4. Bentuk tersusun

Efektifitas penggunaan dari berbagai bentuk tampang saluran drainase yang dikaitkan dengan fungsi saluran adalah sebagai berikut:

1. Bentuk trapesium

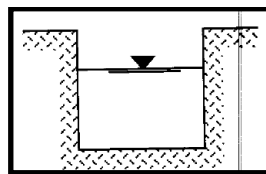


Gambar 2.9 Saluran bentuk trapesium

Saluran drainase bentuk trapesium pada umumnya saluran dari tanah. Tapi dimungkinkan juga bentuk ini dari pasangan. Saluran ini membutuhkan ruang yang cukup dan berfungsi untuk pengaliran air hujan, air rumah tangga maupun air irigasi.

2. Bentuk empat persegi panjang

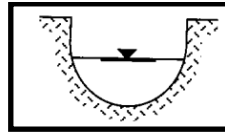
Saluran drainase berbentuk empat persegi panjang tidak banyak membutuhkan ruang. Sebagai konsekuensi dari saluran bentuk ini saluran harus dari pasangan ataupun beton. Bentuk saluran demikian berfungsi sebagai saluran air hujan, air rumah tangga, maupun air irigasi. Selanjutnya dapat dilihat pada Gambar 2.10 di bawah ini.



Gambar 2.10 Saluran bentuk empat persegi panjang

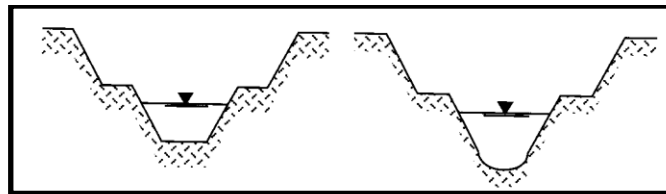
3. Bentuk lingkaran, parabol, dan bulat telur

Saluran drainase bentuk ini berupa saluran dari pasangan atau kombinasi pasangan dan pipa beton. Dengan bentuk dasar saluran yang bulat memudahkan pengangkutan bahan endapan/limbah. Bentuk saluran demikian berfungsi sebagai saluran air hujan, air rumah tangga, maupun air irigasi. Selanjutnya dapat dilihat pada Gambar 2.11 berikut.



Gambar 2.11 Saluran bentuk lingkaran

4. Bentuk tersusun



Gambar 2.12 Saluran bentuk tersusun

Saluran bentuk tersusun dapat berupa saluran dari tanah maupun dari pasangan. Tampang saluran yang bawah berfungsi mengalirkan air rumah tangga pada kondisi tidak ada hujan, apabila terjadi hujan maka kelebihan air dapat ditampung pada saluran bagian atas. Tampang saluran ini membutuhkan ruang yang cukup dan dapat digunakan untuk saluran air hujan, saluran air rumah tangga ataupun saluran irigasi (*Hasmar, 2011*).

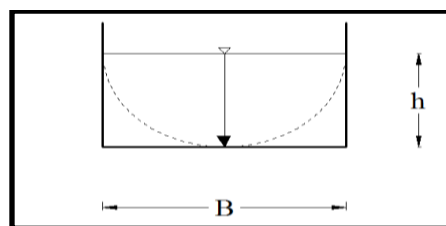
2.9.3 Dimensi Drainase

Pada penampang melintang saluran berbentuk persegi dengan lebar dasar B dan kedalaman air h (Gambar 2.13), luas penampang basah, A , dan keliling basah, P , dapat dituliskan sebagai berikut :

$$A = Bh \quad \dots\dots\dots(2.33)$$

atau

$$B = A/h \quad \dots\dots\dots(2.34)$$



Gambar 2.13 Penampang Persegi Panjang

$$P = B + 2h \quad \dots\dots\dots(2.35)$$

Substisusi persamaan (2.34) ke dalam persamaan (2.35), maka diperoleh persamaan :

$$P = \frac{A}{h} + 2h \dots\dots\dots(2.36)$$

Dengan asumsi luas penampang, A, adalah konstan, maka persamaan (2.36) dapat dideferensialkan terhadap h dan dibuat sama dengan nol untuk memperoleh harga P minimum.

$$\frac{dP}{dh} = \frac{A}{h^2} + 2 = 0 \dots\dots\dots(2.37)$$

$$A = 2h^2 = Bh \dots\dots\dots(2.38)$$

atau

$$B = 2h \text{ atau } h = \frac{B}{2} \dots\dots\dots (2.39)$$

Jari-jari hidraulik

$$R = \frac{A}{h^2} = \frac{Bh}{B+2h} \dots\dots\dots(2.40)$$

atau

$$R = \frac{2h^2}{2h+2h} = \frac{h}{2} \dots\dots\dots (2.41)$$

Perhatikan, bentuk penampang melintang persegi yang paling ekonomis adalah jika kedalaman air setengah dari lebar dasar saluran, atau jari-jari hidrauliknya setengah dari kedalaman air (*Suripin, 2004*).

2.9.4 Volume Kolam Retensi

Pada kondisi minimum ini, pembuangan hanya dapat dilakukan apabila elevasi muka air minimum 0,30 m di atas elevasi air pasang terendah, yang hanya terjadi kira-kira enam jam per hari, harus tersedia volume simpan di atas muka air normal di dalam saluran drainase induk.

Apabila evakuasi tertunda selama 18 jam, harus disediakan penampungan maksimum sebesar volume itu di dalam saluran drainase induk dan/atau sebuah

waduk penyangga atau kolam penyangga/retention basin/buffer storage yang dibuat untuk keperluan itu.

$$\text{Volume kolam} = Q_{\text{Total}} (\text{m}^3/\text{det}) \times T_f (\text{detik})$$

$$\text{Volume kolam} = P \times L \times T \dots\dots\dots (2.42)$$

$$Q_{\text{Total}} (\text{m}^3/\text{det}) \times t_f (\text{det}) = P \times L \times T$$

$$T = \frac{Q_{\text{total}} (\text{m}^3/\text{det}) \times t_f (\text{det})}{P \times L} \dots\dots\dots (2.43)$$

Dimana :

T_f = Luas penampang basah saluran

T = Tinggi kolam retensi

Q_{Total} = Total debit air

2.10 Pengelolaan Proyek

2.10.1 Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Rencana anggaran biaya adalah suatu bangunan atau proyek adalah perhitungan banyaknya biaya yang diperlukan untuk bahan dan upah, serta biaya lain yang berhubungan dengan pelaksanaan bangunan atau proyek. Anggaran biaya merupakan harga dari bahan bangunan yang dihitung dengan teliti, cermat dan memenuhi syarat. Anggaran biaya pada bangunan yang sama akan berbeda-beda di masing-masing daerah, disebabkan karena perbedaan harga bahan dan upah tenaga kerja. Adapun langkah-langkah untuk menghitung rencana anggaran biaya (RAB), yaitu:

a. Persiapan dan pengecekan gambar kerja

Gambar kerja adalah dasar untuk menentukan pekerjaan apa saja yang ada dalam komponen bangunan yang akan dikerjakan. Dari gambar akan didapatkan ukuran, bentuk dan spesifikasi pekerjaan. Pastikan gambar yang mengandung semua ukuran dan spesifikasi material yang akan digunakan untuk mempermudah perhitungan volume pekerjaan. Dalam tahap persiapan ini perlu juga dilakukan pengecekan harga-harga material dan upah yang ada disekitar atau lokasi paling dekat dengan tempat bangunan yang akan dikerjakan.

b. Perhitungan volume

Langkah awal untuk menghitung volume pekerjaan, yang perlu dilakukan adalah mengurutkan semua item dan komponen pekerjaan yang akan dilaksanakan sesuai dengan gambar kerja yang ada.

c. Membuat harga satuan pekerjaan

Untuk menghitung harga satuan pekerjaan, yang perlu dipersiapkan adalah indeks koefisien analisa pekerjaan, harga material atau bahan sesuai satuan dan harga upah kerja per-hari termasuk mandor, kepala tukang, tukang dan pekerja.

d. Perhitungan jumlah biaya pekerjaan

Setelah didapatkan volume dan harga satuan pekerjaan, kemudian kita tinggal mengalikannya sehingga didapat harga biaya pekerjaan dari masing-masing item pekerjaan.

e. Rekapitulasi

Rekapitulasi adalah jumlah masing-masing sub item pekerjaan dan kemudian ditotalkan sehingga didapatkan jumlah total biaya pekerjaan. Dalam rekapitulasi ini bila mana diperlukan juga ditambahkan biaya *overhead* dan biaya pajak.

2.10.2 Network Planning

Network planning/penjadwalan dalam pengertian proyek konstruksi merupakan perangkat untuk menentukan aktivitas yang diperlukan untuk menyelesaikan suatu proyek dalam urutan serta kerangka waktu tertentu, dalam mana setiap aktivitas harus dilaksanakan agar proyek selesai tepat waktu dengan biaya yang ekonomis (*Callahan, 1992*). Penjadwalan meliputi tenaga kerja, material, peralatan, keuangan, dan waktu. Dengan penjadwalan yang tepat maka beberapa macam kerugian dapat dihindarkan seperti keterlambatan, pembengkakan biaya, dan perselisihan (*sumber: Materi Bidang Drainase I, Kementrian PU*).

2.10.3 Barchart

Barchart atau diagram balok adalah jadwal yang paling banyak digunakan karena mudah dibuat dan dimengerti oleh pembacanya, diagram balok ini dikembangkan Henry L Gantt sekitar awal abad 19. Karena pembuatan dan penampilan informasinya sederhana dan hanya menyampaikan dimensi waktu dari

masing-masing kegiatannya, maka barchart lebih tepat menjadi alat komunikasi untuk menggambarkan kemajuan pelaksanaan proyek kepada manajemen senior. *Barchart* tidak menginformasikan ketergantungan antar kegiatan dan tidak mengindikasikan kegiatan mana saja yang berada dalam lintasan kritisnya (*sumber: Materi Bidang Drainase I, Kementrian PU*).

2.10.4 Kurva S

Kurva S dikembangkan oleh Jenderal Warren Hannum, perwira Zeni dari Amerika Serikat, atas pengamatan proyeknya sampai selesainya proyek yang bersangkutan. Kurva S atau Hannum Curve digunakan sebagai :

- a. Pengarahan penilaian atas progress pekerjaan
- b. Pada permulaan menunjukan progress yang sangat kecil. Maka rencana juga harus realistis sesuai dengan kemampuan dan kondisi persiapan pekerjaan.
- c. Sangat membantu perencanaan proyek. Suatu proyek umumnya dimula dengan rencana program yang cukup kecil lalu meningkat pada beberapa waktu kemudian. Dengan demikian beberapa pekerjaan merupakan “*peak load*” yang harus dilaksanakan secara serentak. Kurva S berguna memberikan indikasi dan koreksi pertama pada jadwal yang kita buat.

Kurva S adalah suatu kurve yang disusun untuk menunjukkan hubungan antara nilai komulatif biaya atau jam-orang (*man hours*) yang telah digunakan atau persentase (%) penyelesaian pekerjaan terhadap waktu. Dengan demikian pada kurva S dapat digambarkan kemajuan volume pekerjaan yang diselesaikan sepanjang berlangsungnya proyek atau pekerjaan dalam bagian dari proyek.

Dengan membandingkan kurva tersebut dengan kurva serupa yang disusun berdasarkan perencanaan, maka akan segera terlihat dengan jelas apabila terjadi penyimpangan. Oleh karena kemampuannya yang dapat diandalkan dalam melihat penyimpangan-penyimpangan dalam pelaksanaan proyek, maka pengendalian proyek dengan memanfaatkan kurva-S sering kali digunakan dalam pengendalian suatu proyek (*sumber: Materi Bidang Drainase I, Kementrian PU*).